

4. 학사논문 지도교수: 김 유 단

4-1. 고정익(Fixed-wing) 무인기 제어시스템 설계

4-2. 쿼드로터(Quadrotor)를 활용한 임무수행에서의 제어시스템 설계

4-3. 인공위성의 궤도 결정 및 궤도 분석에 대한 연구

4-4. 3DOF Helicopter를 이용한 제어기 설계 및 실험

4-5. Reaction Wheel을 이용한 불안정한 시스템의 자세 제어기 설계 및 실험

실험실: 비행역학 및 제어연구실 (Flight Dynamics and Control Lab.)

연구실 홈페이지: <http://fdcl.snu.ac.kr>

교수 연락처: (02) 880-7398, E-mail: ydkim@snu.ac.kr

담당조교: 정승윤 (airwalk31@snu.ac.kr) 김진래 (kjl950403@gmail.com) (02) 880-7392

4-1. 고정익(Fixed-wing) 무인기 제어시스템 설계

무인기는 육군, 해군, 공군 및 해병대에서 정찰 및 감시 등의 군사적 목적으로 활용될 수 있으며, 기상 및 환경 관측, 위험 물질의 유출 탐지, 교통 감시, 범죄 예방 등 민간 분야에서도 다양한 활용이 가능하다. 이같은 이유로 무인기 관련 분야의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 소형 무인기의 경우 좁은 공간에서의 용이한 이착륙을 위해 주로 회전익 비행기가 이용되지만, 고정익 방식은 회전익 방식에 비해 양력을 효율적으로 얻을 수 있다는 장점을 갖고 있어 고정익 방식의 무인기도 많이 이용되고 있다.

본 연구는 고정익 무인기를 위한 제어기 설계 및 활용을 목표로 한다. MATLAB 프로그램을 이용해 무인기의 동역학 모델을 구성하고, 학부 수준의 제어 기법에 기반하여 무인기의 자세와 고도를 제어하는 제어기를 설계한다. 상태 변수들로 표현된 비행기의 종방향, 횡방향 운동 방정식으로부터 입/출력 변수 사이의 전달함수를 구하고 고전제어기법을 활용한다. 더 정교하고 체계적으로 제어기를 설계하고자 한다면 대학원 수준의 제어 기법을 활용하는 것도 가능하다. 설계한 제어기를 바탕으로 고정익 무인기의 경로점 유도, 함상/지상 자동착륙과 같은 다양한 임무환경을 고려한 유도시물레이션을 수행할 것이다.

본 연구를 위해서는 비행동역학과 고전/현대제어기법에 대한 이해, MATLAB/Simulink 활용 능력이 필요하다.



그림1. FDCL SNUACE

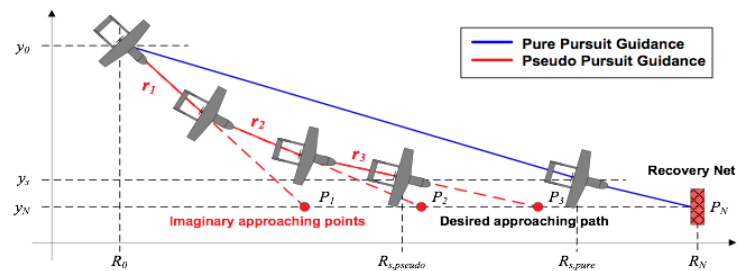


그림2. Pseudo pursuit guidance



그림 3. 자동착함 시물레이션

4-2. 쿼드로터(Quadrotor)를 활용한 임무수행에서의 제어시스템 설계

Quadrotor는 4개의 로터를 이용하여 수직 이착륙 및 기동을 하는 비행체이다. 일반적인 헬리콥터와 달리 Quadrotor는 4개의 로터만으로도 비행 및 제어가 용이하여 조작이 쉽고 좁은 공간에서 운동성이 매우 뛰어나다. 이와 같은 우수한 운동성 덕분에 군이나 산업계, 상업 등 다양한 분야에서 많이 사용되고 있다. 최근에 수행되고 있는 UAV에 대한 많은 연구로 인해 가까운 미래에는 Quadrotor가 자율적인 임무를 실행할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 임무 수행의 예시로는 Quadrotor 밑에 로봇팔을 달아서 물체를 잡는 임무, Quadrotor를 이용한 배달 업무 등 다양하다. 이러한 임무에 사용되기 위해서는 Quadrotor의 제어시스템의 구성이 필수적이다. 이를 위해서 Quadrotor의 동적 특성을 파악하고 운동방정식을 유도하여 평형점 근처의 거동을 해석해야 한다.

본 연구에서는 Quadrotor를 활용한 임무를 수행하기 위한 제어시스템을 설계하기 위해 Quadrotor와 어떠한 다른 시스템이 결합된 전체 시스템의 Dynamic 특성을 파악하고 운동방정식을 유도한다. 이를 위해 복잡한 Quadrotor의 비선형 운동방정식을 평형점 근처에서 선형화한 후 시스템 특성을 시뮬레이션 프로그램(MATLAB)을 이용하여 살펴본다. 선형화한 시스템에 대하여 학부수업에서 배운 고전제어기법을 이용하여 제어기를 설계한다.

제어기를 설계한 후 다양한 임무수행을 고려하여 복잡한 임무 상황을 고려한 문제를 설정하고 (Ex, Inverted pendulum, mail delivery using quadrotor), 이를 해결하기 위한 유도/제어 알고리즘을 설계하고 시뮬레이션을 통해 이를 검증하는 것을 본 연구의 최종 목표로 한다.



그림 1. 소형 Quadrotor 무인기



그림 2. Schematic view of reaction torque

본 연구를 수행하기 위해서는 학부 과정에서는 잘 다루지 않는 쿼드로터의 동역학을 이해하고 이를 기반으로 한 제어기의 설계를 위해 기본적인 MATLAB/Simulink 활용 능력, 비행 동역학 및 제어시스템에 대한 기초적인 이해가 요구된다.

4-3. 인공위성의 궤도 결정 및 궤도 분석에 대한 연구

지난 과거 몇 년 동안 인공위성을 활용한 여러 가지 장치들이 우리의 생활 곳곳에 깊숙이 들어왔다. 매일같이 들고 다니는 스마트폰의 내비게이션부터 차량에 탑재된 내비게이션까지 이 모든 것은 인공위성이 있기에 사용 가능한 전자 기기이다. 내비게이션의 성능이라는 것은 곧 사용자의 위치를 얼마나 정확하게 알려주는가에 의해 결정이 되는데 이와 관련된 지표 중의 하나가 URE (User Range Error)이다. 즉, URE값이 작을수록 사용자에게 정확한 위치정보를 제공함을 의미하는데 작은 URE를 갖기 위해서는 선행적으로 인공위성의 위치를 정확히 알아야만 한다. 따라서 본 연구에서는 정밀한 인공위성의 궤도 결정을 위한 궤적 생성 시뮬레이션 프로그램을 작성하고 얻어진 궤도에 대한 다양한 분석을 목표로 한다.

일반적으로 인공위성이 궤도를 돌 때에는 다양한 섭동력의 영향을 받는데, 다양한 궤도에 대한 섭동력의 영향을 분석하고 이러한 섭동력이 인공위성의 궤도결정에 어떠한 영향을 끼치는지, 더 나아가 URE 값에 어떠한 영향을 끼치게 되어 내비게이션 오차를 유발하는지에 대해 알아보기로 한다. 본 연구를 수행하기 위해서는 궤도역학에 대한 기초적인 개념과 MATLAB 프로그램을 활용하는 능력이 요구된다.

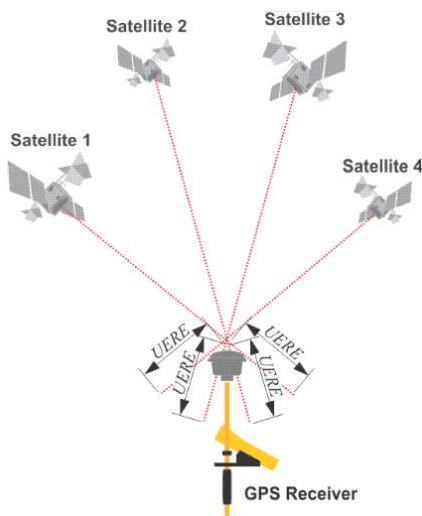


그림 1. 위성을 이용한 URE결정 개념도

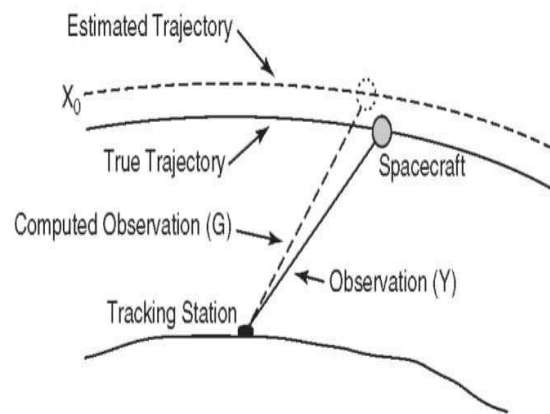


그림 2. 궤도결정을 위한 기본 개념도

4-4. 3DOF Helicopter를 이용한 제어기 설계 및 실험

3DOF Helicopter는 Quanser에서 제작한 실험용 장비로서, 실제 헬리콥터 모델의 단순화된 버전이다. 실제 헬리콥터는 위치와 자세의 자유도를 모두 갖고 있어 6의 자유도를 갖지만, 이 장비는 헬리콥터의 위치를 고정시키는 대신 자세는 원하는 대로 제어할 수 있도록 제작되었다. 쿼드로터와 마찬가지로 실내에서 실험이 가능하다는 장점도 가지고 있다. 이러한 장점 덕분에 비행 역학 및 제어에 입문하기 위한 용도로 많이 사용되고 있으며 관련 연구도 많이 수행되고 있다.

그림 1은 3DOF Helicopter의 실제 사진을 나타내며 한 쪽에는 헬리콥터의 로터의 역할을 하는 두 개의 로터가 있고 반대 쪽에는 균형을 잡기 위한 counter weight가 달려 있는 모습을 확인할 수 있다. 그림 2에서 3DOF Helicopter의 모식도를 볼 수 있는데, 각각 q_1 , q_2 , q_3 방향으로 자유롭게 회전할 수 있도록 설계되어 있다. 즉, 3의 자유도를 가지지만 제어 입력으로 사용할 수 있는 것은 로터 2개 뿐이므로 이 장비는 쿼드로터와 유사한 동적 특성 (underactuated system) 을 나타내며, 이를 고려한 제어기 설계가 필수적으로 요구된다.

본 연구에서는 3DOF Helicopter을 이용하여 제어기를 설계하기 위한 모든 절차를 학습하고 실제 제어기의 설계 및 검증을 목표로 한다. 이를 위해 수학적 모델링, 선형화, 제어기 설계 및 검증, 수치 시뮬레이션, 실험의 모든 단계를 학습하며 고전제어 이론을 기반으로 제어기를 설계하고 설계된 폐루프의 강건성을 분석할 것이다. 더 나아가 대학원 수준의 이론을 바탕으로 한 제어기 (LQR, 궤환선형화 제어 등) 와의 성능 비교를 할 수 있을 것이다.

본 연구를 수행하기 위해서는 MATLAB/Simulink의 숙련도, 기초적인 비행역학 및 제어 기법의 이해가 필요하다.



그림 1. 3DOF Helicopter

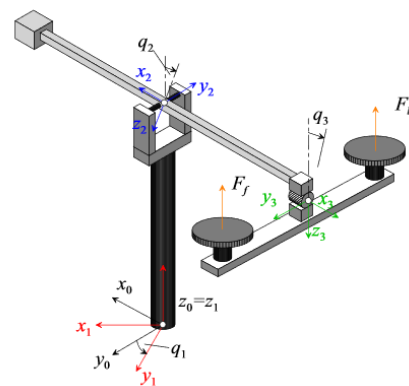


그림 2. FBD of 3DOF Helicopter

4-5. Reaction Wheel을 이용한 불안정한 시스템의 자세 제어기 설계 및 실험

Reaction Wheel(그림.1)이란 각운동량 보존법칙을 이용해 인공위성의 자세를 제어하는데 주로 사용되는 장치를 말한다. 각운동량 보존법칙은 시스템의 외부로부터 힘이 작용하지 않는다면 시스템 내부의 전체 각운동량이 항상 일정한 값으로 보존된다는 법칙이다. 시스템에 장착된 reaction wheel은 조절용 바퀴를 전기 모터로 가속 또는 감속시키면서 reaction torque를 발생시키는데 시스템은 전체 각운동량을 보존하기 위해 이를 상쇄하는 운동을 하게 된다. 하나의 모터는 하나의 축에 대해서만 torque를 발생시키므로 3개의 모터를 각각의 회전축이 서로 수직하도록 배치시키면 임의의 축에 대한 torque를 발생시킬 수 있다. 인공위성에서는 효율을 위해 하나의 축을 더해 4개의 모터를 사용하기도 한다.

본 연구에서는 reaction wheel을 이용해 불안정한 시스템의 자세를 제어하기 위한 제어기를 설계하고 실제 시스템을 제작한 후 실험을 해볼 것이다. 먼저 불안정한 시스템을 설정하고 제작한 후 자세 제어를 위해 적절한 위치에 reaction wheel을 장착한다. 그 후 전체 시스템의 Dynamic 특성을 파악하고 운동방정식을 유도한다. 이를 토대로 제어 법칙을 구성한 후 실제 시스템에 적용하여 결과를 분석해본다.

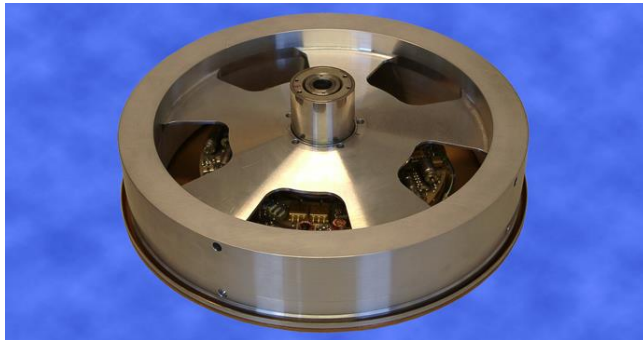


그림.1 Reaction Wheel



그림.2 Reaction Wheel을 이용한
불안정한 시스템의 자세제어

본 연구를 수행하기 위해서는 MATLAB/Simulink의 숙련도, 기초적인 동역학 및 제어 기법의 이해가 요구된다.

담당조교 : 박현상(hsezeikielpark@gmail.com)